



Insulasi cair – Penentuan tegangan tembus pada frekuensi daya – Metode uji



Daftar isi

Daftar isi.....	i
Prakata	ii
1. Ruang lingkup	1
2. Acuan normatif	1
3. Aparatus listrik	1
4. Rakitan uji	3
5. Persiapan elektroda	4
6. Persiapan rakitan uji	4
7. Penyampelan	4
8. Kondisi sampel	5
9. Prosedur pengujian	5
10. Laporan	6
11. Penyebaran data pengujian	6



Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) “Insulasi cair – Penentuan tegangan tembus pada frekuensi daya – Metode uji”, diadopsi dari standar International Electrotechnical Commission (IEC) 156 (1995-02) “*Insulating liquids Determination of the breakdown voltage at power frequency – Test method*”.

Standar ini telah melalui proses/prosedur Perumusan standard an terakhir dibahas dalam Konsensus XXII pada tanggal 11 sampai dengan 13 Nopember 2003 di Jakarta untuk mencapai mufakat.



Insulasi cair – Penentuan tegangan tembus pada frekuensi daya – Metode uji

1 Ruang lingkup

Standar ini menspesifikasikan metoda untuk menentukan tegangan tembus dielektrik insulasi cair pada frekuensi daya. Bagian yang diuji ditempatkan dalam radas tertentu dan dikenai medan listrik arus bolak-balik yang bertambah besar dengan menaikkan tegangan dengan laju konstan sampai terjadi tembus.

Metoda tersebut dapat diterapkan pada semua jenis insulasi cair berviskositas nominal sampai dengan 350 mm²/det. pada 40°C. Hal ini tepat untuk uji penerimaan pada waktu pengiriman cairan yang belum digunakan dan untuk menetapkan kondisi sampel yang diambil pada saat pemantauan dan pemeliharaan perlengkapan.

2 Acuan normatif

IEC 52: 1960, *Recommendation for voltage measurement by means of sphere-gaps (one sphere earthed)*

IEC 60, *High-voltage test techniques*

IEC 475: 1974, *Method of sampling liquid dielectrics*

3 Radas listrik

Radas listrik terdiri dari unit berikut:

- a) pengatur tegangan;
- b) transformator *step-up*;
- c) sistem switsing;
- d) gawai pembatas energi.

Dua atau lebih dari unit tersebut dapat dipadukan dalam suatu sistem perlengkapan.

3.1 Pengatur tegangan

Menaikkan tegangan secara merata sebanding waktu dengan cara manual merupakan hal yang sulit dan untuk alasan ini pengendalian otomatis menjadi wajib.

Pengendalian tegangan dapat dilakukan dengan salah satu metoda berikut:

- a) ototransformator dengan rasio variabel;
- b) pengatur tegangan elektronik;
- c) pengaturan medan generator;
- d) pengatur secara induksi;
- e) pembagi tegangan jenis resistif.

3.2 Transformator *step-up*

Tegangan uji diperoleh dengan menggunakan transformator *step-up* yang disuplai oleh sumber tegangan a.b (48 Hz – 62 Hz) yang nilainya dinaikkan secara bertahap. Pengendali sumber tegangan rendah yang variabel tersebut harus mampu merubah tegangan uji secara halus, rata dan tanpa overshoot atau transien. Penambahan kenaikan (misalnya, yang dihasilkan oleh ototransformator variabel) tidak boleh melebihi 2% dari tegangan tembus yang diharapkan.

Tegangan yang diterapkan pada elektroda dari sel yang diisi cairan harus mempunyai bentuk gelombang yang hampir sinusoidal sehingga faktor puncaknya berada dalam batas: $1,41 \pm 0,07$.

Titik tengah dari transformator belitan sekunder sebaiknya dihubungkan ke bumi.

3.3 Resistor pembatas arus

Untuk memproteksi perlengkapan dan menghindari dekomposisi yang berlebihan dari cairan pada saat tembus, suatu resistor yang membatasi arus dapat disisipkan secara seri dengan sel yang diuji.

Arus hubung pendek transformator dan arus hubung singkat terkait harus berada dalam julat 10 mA sampai 25 mA untuk semua tegangan yang lebih tinggi dari 15 kV. Ini dapat dicapai dengan kombinasi resistor pada salah satu atau kedua-duanya dari sirkit primer sekunder transformator tegangan tinggi.

3.4 Sistem switsing

3.4.1 Persyaratan dasar

Sirkit harus terputus secara otomatis jika busur yang telah ditetapkan terjadi. Pada sirkit primer dari transformator *step-up* harus dipasang pemutus sirkit yang dioperasikan oleh arus yang menyebabkan tembusnya sample, dan harus memutus tegangan dalam waktu 10 mdet. Sirkit tersebut dapat diputus secara manual jika terjadi loncatan api transien antara elektroda.

CATATAN Kepekaan elemen pengindera arus tergantung pada gawai pembatas energi yang digunakan dan yang dapat diberikan sebagai petunjuk perkiraan. Biasanya, pemicuan *cut-off* dengan arus 4 mA yang dipertahankan selama 5 mdet dapat diterima, sedangkan pembatas energi cepat yang dipicu dengan arus transien 1 A yang dipertahankan selama 1 det. ternyata memuaskan.

3.4.2 Persyaratan khusus untuk cairan silikon

Cairan silikon dapat meningkatkan produk dekomposisi padat karena luahan listrik, yang dapat menyebabkan kesalahan besar pada hasil observasi. Dalam kasus ini, semua langkah yang layak harus dilakukan untuk meminimalkan hamburan energi yang ada pada luahan tembus.

Pada saat membatasi arus seperti di atas, kombinasi dengan isolasi primer transformator *step-up* selama 10 mdet cukup untuk hidrokarbon. Kinerja yang lebih memuaskan dari cairan silikon diperoleh dengan menghubungkan singkat sirkit primer dengan impedans rendah atau menggunakan gawai tegangan rendah sebagai pendeteksian tembus yang bekerja selama beberapa μ det. Gawai ini dapat berjenis analog (misalnya amplifier modulasi) atau switsing (misalnya thyristor). Dengan menggunakan gawai ini, tegangan keluaran

transformator *step-up* harus diturunkan sampai nol dalam waktu 1 mdet dari pendeteksian tembus, dan tidak boleh naik lagi sampai langkah urutan uji berikutnya dimulai.

3.5 Gawai ukur

Untuk tujuan standar ini, besaran tegangan uji ditentukan sebagai nilai puncak dibagi dengan $\sqrt{2}$.

Tegangan ini dapat diukur dengan menggunakan voltmeter puncak atau voltmeter jenis lain yang dihubungkan pada masukan atau keluaran transformator uji, atau pada belitan khusus yang disediakan untuk itu; instrumen yang digunakan pada waktu itu harus dikalibrasi terhadap standar sampai tegangan penuh seperti yang diinginkan untuk pengukuran.

Metode kalibrasi yang telah ditemukan memuaskan adalah dengan menggunakan standar acuan. Ini merupakan gawai ukur bantu yang dihubungkan sebagai pengganti sel uji antara terminal tegangan tinggi terhadap terminal tersebut memberikan impedans yang sama dengan sel uji yang diisi. Gawai bantu tersebut dikalibrasi secara terpisah terhadap standar primer, misalnya sela bola sesuai IEC 52 (lihat juga IEC 60).

4 Rakitan uji

4.1 Sel uji

Volume sel harus antara 350 ml dan 600 ml.

Sel harus terbuat dari bahan insulasi secara listrik, tembus pandang, tidak bereaksi secara kimia, tahan terhadap cairan insulasi dan bahan pembersih yang mungkin digunakan.

Sel harus dilengkapi dengan tutup dan didesain supaya mudah melepas elektroda untuk pembersihan dan pemeliharaan.

Contoh desain sel yang sesuai diberikan dalam Gambar 1 dan 2.

4.2 Elektroda

Elektroda harus terbuat dari kuningan, perunggu atau baja tanpa karat austenitik. Elektroda harus dipoles dan berbentuk bulat penuh (berdiameter 12,5 mm sampai 13,0 mm) seperti terlihat pada Gambar 1 atau bulat sebagian yang bentuk dan dimensinya seperti pada Gambar 2. Poros sistem elektroda harus horisontal dan paling tidak 40 mm di bawah permukaan cairan uji dalam sel. Semua bagian elektroda tidak boleh berjarak kurang dari 12 mm terhadap dinding sel atau pengaduk. Sela antar elektroda harus $2,50 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$.

Elektroda harus sering diperiksa terhadap bopeng atau kerusakan lain, dan dipelihara atau segera diganti setelah kerusakan tersebut diketahui.

4.3 Pengadukan (alternatif)

Pengujian dapat dilakukan dengan atau tanpa pengadukan. Secara statistik belum ditemukan perbedaan yang berarti antara yang diaduk dengan tidak diaduk. Namun pengaduk dapat menjadi kemudahan khususnya dengan radas yang dapat beroperasi secara otomatis.

Pengadukan dapat dilaksanakan dengan impeler ber daun dua, diameter efektif 20 mm sampai 25 mm, kedalaman poros 5 mm sampai 10 mm, kecepatan rotasi 250 rpm sampai

300 rpm. Impeler tidak boleh membuat gelembung udara dan lebih baik berotasi ke arah yang dapat membuat cairan mengalir kebawah. Impeler harus dibuat sedemikian sehingga mudah dibersihkan.

Sebagai alternatif pengadukan dengan batang magnet (panjang 20 mm sampai 25 mm dan diameter 5 mm sampai 10 mm) dapat diterima jika tidak berisiko adanya perpindahan partikel-partikel magnetik.

Dimensi gawai pengaduk harus sesuai dengan persyaratan jarak bebas pada 4.2.

5 Persiapan elektroda

Elektroda baru, elektroda bopeng, elektroda yang disimpan dengan cara yang tidak benar harus dibersihkan dengan prosedur berikut:

- bersihkan seluruh permukaan dengan larutan mudah menguap dan biarkan larutan menguap;
- gosok dengan bubuk halus (misalnya pemoles perhiasan) atau kertas amplas atau kain (misalnya kain crocus);
- setelah penggosokan, bersihkan dengan spiritus (mutu reagen: julat didih 60°C – 80°C) diikuti dengan aseton (mutu reagen);
- rakit elektroda kedalam sel, tuang dengan cairan insulasi yang bersih, yang belum digunakan dari jenis yang selanjutnya akan diuji, dan naikan tegangan elektroda sampai tembus 24 kali.

6 Persiapan rakitan uji

Dianjurkan untuk menyiapkan secara terpisah rakitan sel uji untuk masing-masing jenis cairan insulasi.

Rakitan uji harus disimpan dalam tempat yang kering, ditutup dan diisi dengan cairan insulasi kering dari jenis yang biasa digunakan dalam sel tersebut.

Pada saat penggantian jenis cairan yang sedang diuji, bersihkan semua sisa-sisa dari larutan terdahulu dengan larutan pembersih yang tepat, bilas rakitan dengan cairan kering dan bersih yang sejenis dengan yang harus diuji, tiriskan dan isi kembali.

7 Pembuatan sampel

7.1 Wadah sampel

Sampel sebaiknya berukuran kira-kira tiga kali kapasitas sel uji.

Wadah sampel yang tepat harus sesuai dengan IEC 475. Botol kaca berwarna kuning merupakan wadah yang lebih disukai. Botol kaca bening dapat digunakan tetapi harus diberi penghalang terhadap cahaya langsung sampai siap untuk digunakan. Wadah plastik yang tidak termakan oleh cairan yang akan diuji dapat digunakan, tetapi hanya boleh digunakan sekali saja. Untuk pengedapan, tutup berulir dengan sisipan terbuat dari poliolefin atau politetrafluoroetilen lebih disukai.

Wadah dan tutup harus dibersihkan dengan cara mencuci dengan larutan pembersih yang sesuai untuk menghilangkan sisa-sisa sampel yang dulu. Wadah harus kemudian dibilas dengan aseton, dan bekasnya dihilangkan dengan semprotan udara hangat.

Setelah pembersihan, wadah tersebut harus segera ditutup dan dijaga kedap sampai digunakan.

7.2 Teknik sampling

Sampling cairan insulasi baru dan yang pernah digunakan harus dilaksanakan sesuai sepenuhnya dengan prosedur yang dirinci dalam IEC 475.

Saat pembuatan sampel, wadah sebaiknya diisi hampir penuh dengan sampel, menyisakan kira-kira 3 % dari volume wadah sebagai tempat udara bebas.

Tegangan tembus sangat peka terhadap kontaminasi paling kecil oleh air dan *particulate matters*. Acuan khusus dibuat untuk tindakan pencegahan yang perlu untuk menghindari kontaminasi sampel dan kebutuhan untuk personil yang terlatih dan pengawas yang berpengalaman.

Kecuali disyaratkan lain, sampel diambil di tempat yang cairan tersebut kemungkinan besar terkontaminasi, biasanya pada titik paling rendah dari wadahnya.

8 Kondisi sampel

Pengujian dilaksanakan, kecuali ditentukan lain terhadap sampel tanpa dikeringkan atau perbedaan penghilangan gas.

Pada saat pengujian, suhu cairan uji dan udara sekitar tidak boleh lebih dari 5°C dan untuk uji acuan suhu cairan harus $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

9 Prosedur pengujian

9.1 Penyiapan sampel

Segera sebelum mengisi sel uji, wadah sampel dikocok perlahan-lahan dan diputar beberapa kali sedemikian sehingga meyakinkan sejauh mungkin distribusi yang homogen dengan impurities dalam cairan tanpa menyebabkan pembentukan gelembung udara.

Hindari pemaparan terhadap udara sekitar.

9.2 Pengisian sel

Segera sebelum memulai pengujian, tiriskan sel uji dan bilas dinding, elektroda dan bagian komponen lainnya dengan sampel uji. Tiriskan dan perlahan-lahan isi dengan sampel uji untuk menghindari pembentukan gelembung udara.

Ukur dan catat suhu cairan.

Tempatkan sel dalam perlengkapan uji dan operasikan pengaduk jika ada.

9.3 Penerapan tegangan

Penerapan tegangan pertama dimulai kira-kira 5 menit setelah selesai pengisian dan pemeriksaan bahwa tidak terlihat ada gelembung udara di sela elektroda.

Terapkan tegangan pada elektroda dan naikan tegangan secara merata dari nol dengan laju 2,0 kV/det \pm 0,2 kV/det sampai terjadi tembus. Tegangan tembus adalah tegangan maksimum yang dicapai pada saat sirkit terbuka baik otomatis (timbul busur listrik) atau manual sampai terdeteksi luahan seperti penglihatan atau pendengaran.

Catat nilainya.

Laksanakan enam kali uji pada setiap pengisian sel yang sama dengan selang waktu paling sedikit 2 menit setelah masing-masing uji, sebelum penerapan tegangan kembali. Periksa bahwa tidak ada gelembung gas pada sela elektroda. Jika pengaduk digunakan, harus terus dijalankan selama pengujian.

Hitung nilai rata dari enam kali uji dalam kilovolt.

10 Laporan

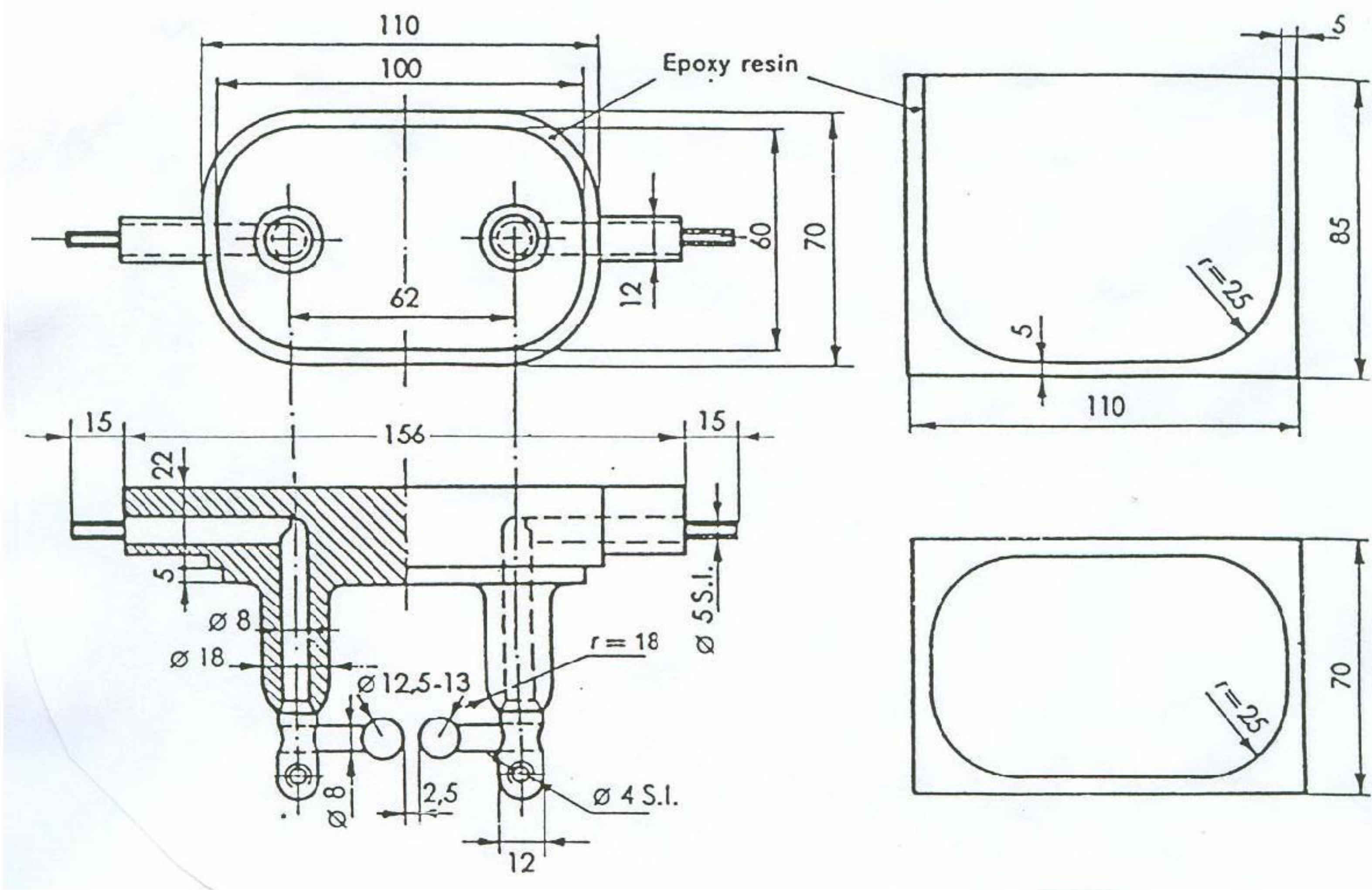
Laporkan nilai rata-rata dalam kilovolt dari enam kali tembus sebagai hasil pengujian.

Laporan tersebut harus juga memasukkan: identifikasi sampel, nilai masing-masing tembus, jenis elektroda yang digunakan, frekuensi tegangan uji, suhu cairan, penggunaan pengaduk (jika ada).

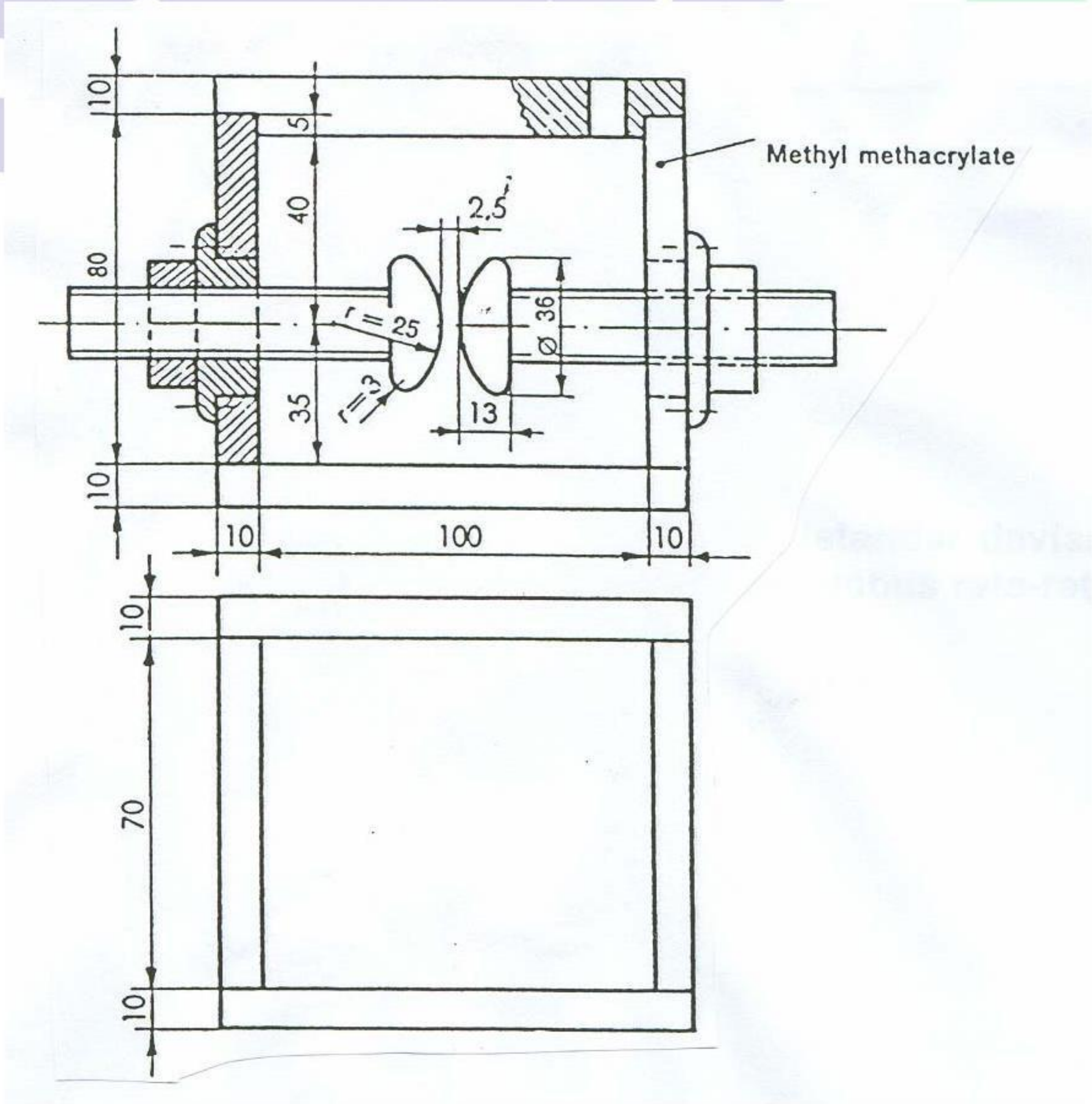
11 Penyebaran data pengujian

Penyebaran tersebarnya masing-masing tegangan tembus sangat tergantung nilai hasil uji. Gambar 3 menunjukkan nilai standar deviasi/rasio rata-rata yang ditemukan data uji yang banyak dalam laboratorium yang menggunakan minyak transformator.

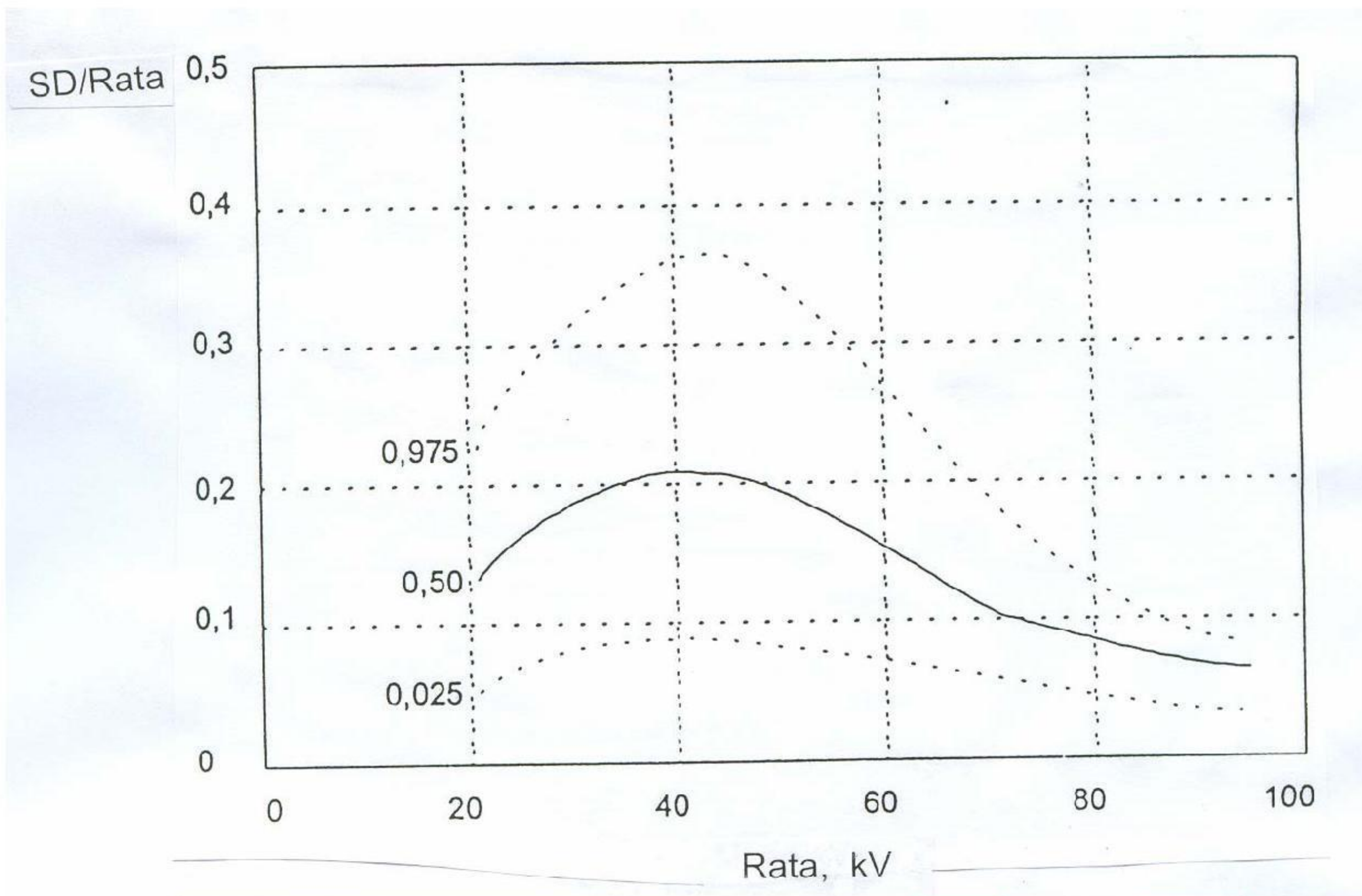
Garis tebal dalam grafik menunjukkan distribusi nilai median dari standar deviasi/rata-rata sebagai fungsi dari nilai rata-rata. Garis putus-putus menunjukkan 95% julat nilai standar deviasi/rata-rata yang diharapkan sebagai fungsi dari nilai rata-rata.



Gambar 1 Contoh desain sel dan elektroda bulat



Gambar 2 Contoh desain sel dan elektroda bulat sebagian



Gambar 3 Grafik dari koefisien variasi (standar deviasi/rasio rata-rata) terhadap tegangan tembus rata-rata









BADAN STANDARDISASI NASIONAL - BSN
Gedung Manggala Wanabakti Blok IV Lt. 3-4
Jl. Jend. Gatot Subroto, Senayan Jakarta 10270
Telp: 021- 574 7043; Faks: 021- 5747045; e-mail : bsn@bsn.or.id